

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/018361

International filing date: 09 December 2004 (09.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2003-411442
Filing date: 10 December 2003 (10.12.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 10 February 2005 (10.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

15.12.2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 3 年 1 2 月 1 0 日

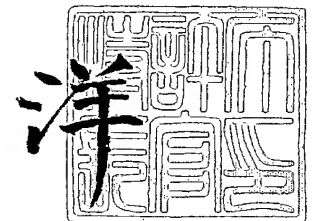
出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 4 1 1 4 4 2
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 4 1 1 4 4 2]

出 願 人
Applicant(s): 松下電器産業株式会社

2 0 0 5 年 1 月 2 7 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願
【整理番号】 2032450307
【提出日】 平成15年12月10日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G02F 1/37
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 杉田 知也
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 水内 公典
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 笠澄 研一
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 森川 顕洋
【特許出願人】
 【識別番号】 000005821
 【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100097445
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 岩橋 文雄
【選任した代理人】
 【識別番号】 100103355
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 坂口 智康
【選任した代理人】
 【識別番号】 100109667
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 内藤 浩樹
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 011305
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

複数の導波管と、前記導波管を直列に光学的に結合する光路変換手段とを具備し、前記導波管の任意の一端面に入射された光が前記導波管および前記光路変換手段を伝搬し、前記入射面と異なる出射面から出力されることを特徴とする光学素子。

【請求項 2】

前記導波管の数が奇数個であり、かつ光の伝搬方向と平行な前記導波管側面で隣り合う導波管と積層されていることを特徴とする請求項 1 に記載の光学素子。

【請求項 3】

前記光路変換手段が、前記導波管の一部を加工することにより形成されていることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の光学素子。

【請求項 4】

前記導波管の光入射面以外の面が、伝搬する光に対して高反射コートされていることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載の光学素子。

【請求項 5】

前記導波管が中空構造のセルであり、かつ前記中空部内に気体または液体のいずれかと、ブラウン粒子が封入されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載の光学素子。

【請求項 6】

前記ブラウン粒子がコロイド粒子であることを特徴とする請求項 5 に記載の光学素子。

【請求項 7】

前記光路変換手段を含む前記導波管の光入射端面から光出射端面までの光路長 L が、前記導波管の幅を W 、前記導波管内部の屈折率を n 、前記光導波路に入射される直前の光の有する最小のビーム広がり角度を θ とした場合に、 $L \geq W / \tan(\sin^{-1}(\sin(\theta/2)/n))$ であることを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のいずれかに記載の光学素子。

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 7 のいずれかに記載の光学素子と、半導体レーザとを具備し、前記半導体レーザからの出射光を前記光学素子の一端面から入射させ、前記光学素子の別の端面から出射させることを特徴とするレーザ光源。

【請求項 9】

前記構成に加え、シリンドリカルレンズを具備し、前記半導体レーザと前記光学素子との光路内に前記シリンドリカルレンズが配置されていることを特徴とする請求項 8 に記載のレーザ光源。

【請求項 10】

前記シリンドリカルレンズが、平凹レンズであることを特徴とする請求項 9 に記載のレーザ光源。

【請求項 11】

前記構成に加え、凸レンズもしくは平凸レンズのいずれかを具備し、前記半導体レーザと前記光学素子との光路内に前記凸レンズもしくは前記平凸レンズのいずれかが配置されていることを特徴とする請求項 8 に記載のレーザ光源。

【請求項 12】

前記光学素子のレーザ光入射端面が、曲率を有する形状に加工されていることを特徴とする請求項 8 に記載のレーザ光源。

【請求項 13】

少なくとも請求項 8 から請求項 12 のいずれかに記載のレーザ光源と、空間光変調手段とを具備し、前記レーザ光源からの光を前記空間光変調手段に照明する照明光学系を有することを特徴とする 2 次元画像形成装置。

【請求項 14】

前記構成に加え、投射光学系を具備し、前記空間光変調手段からの出力光を前記投射光学

系により投射することを特徴とする請求項 1 3 に記載の 2 次元画像形成装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】光学素子およびレーザ光源および2次元画像形成装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、入射する光を、均一な断面光強度分布を有する出射光に変換する光学素子に関するものである。また、上記光学素子と半導体レーザを一体化したレーザ光源に関するものである。また上記レーザ光源を用いた2次元画像形成装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

高出力光源は、半導体露光装置や画像表示装置、照明装置など幅広い用途があり、研究開発が進められている。特に高出力レーザを用いた光源はその単色性を生かして、例えばRGB三原色の高出力レーザを用いたレーザディスプレイによる高色純度鮮明画像への応用が模索されている。また、レーザ加工による微細形状加工も実用化されつつある。また、小型で高出力のレーザ光源は低消費電力かつ長寿命な照明用光源としての実現が期待されている。

【特許文献1】特開平07-306304号公報

【特許文献2】特許第3410813号公報

【特許文献3】特開2002-40327号公報

【特許文献4】特開2003-57514号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、これら高出力レーザ光源を用いたアプリケーションには均一強度分布に対する要求が大きく、従来方法では、例えば特許文献1や特許文献2に示されるようなホモジナイザと呼ばれる光量均一化デバイスや光学系、あるいは特許文献3や特許文献4のようなインテグレートと呼ばれる光学デバイスを用いて、レーザから発振するガウシアン強度分布を成形していたが、上記デバイスや光学系に入射する光断面積を適当に拡げておく必要があるため、光源を含む光学系が複雑化し非常に大きくなるという課題があった。また特許文献4に示されるようなロッドインテグレートは、その機能から光伝搬方向に対するインテグレート自体の長さが大きくなるという課題があった。また特に、光源として干渉性の高いレーザ光源を用いた場合には、上記特許文献1から特許文献4で示された光量均一化デバイスから出射される光はスペックルノイズと呼ばれるレーザ光特有の微細な干渉パターンを有しており、例えば出射光を画像表示装置や照明装置などに使用するためには別途スペックルノイズ除去手段が必要となるという課題があった。

【課題を解決するための手段】

【0004】

上記課題を解決するため、本発明は、複数の導波管と、導波管を直列に光学的に結合する光路変換手段とを備え、導波管の任意の一端面に入射された光が導波管および光路変換手段を伝搬し、入射面と異なる出射面から出力されることを特徴とする光学素子である。また、上記光学素子と、半導体レーザとを備え、半導体レーザからの出射光を光学素子の一端面から入射させ、光学素子の別の端面から出射させることを特徴とするレーザ光源である。また、少なくとも上記のレーザ光源と、空間光変調手段とを備え、レーザ光源からの光を空間光変調手段に照明する照明光学系を有することを特徴とする2次元画像形成装置である。

【発明の効果】

【0005】

本発明において、非常にコンパクトな光学素子により、入射されたレーザ光を均一な断面光強度分布を有する出射光に変換できるという効果がある。また特に、中空構造のセルを導波管として用い、中空内部にブラウン粒子を混合した適当な気体または液体を封入することにより、干渉性の高いレーザ光源において発生するスペックルノイズを低減できる

という効果がある。また、上記光学素子と半導体レーザを一体化配置したレーザ光源により、光学素子からの出射光広がり角を制御した断面光強度均一化光源が実現できるという効果がある。また、上記レーザ光源と空間光変調手段からなる照明光学系により、簡単な部品構成でコンパクトな2次元画像形成装置が実現できるという効果がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0006】

以下、本発明の実施の形態について、図を用いて説明する。

【0007】

(実施の形態1)

レーザ光源の研究・開発は目覚ましく、半導体レーザに代表される小型高出力レーザも実用化が進んでいる。出力波長は限定されるものの、半導体レーザでは例えばマルチモード半導体レーザで数Wクラスの出力を達成しているものもある。これまで、レーザ光源の用途は計測、光通信、光ディスク等、レーザ光の集光特性やコヒーレンスの高さを利用したものが主流であった。一方、レーザ光源の小型化・高出力化に伴い、アプリケーションの開拓や装置の開発も活発化してきており、画像表示装置、照明装置、半導体露光装置などへのレーザ光源の応用が期待されている。しかしながら、これらの用途においてはレーザ光の単色性と高出力特性を利用するのに加えて、さらに均一な断面強度分布を実現することが不可欠なものが多い。この要求を満たす手法として例えばレーザ光源からの出力光をコリメートし、ある程度の大きさに拡大した後、レンズやフィルターを組み合わせた光インテグレータやホモジナイザと呼ばれる光学素子や光学系を通してビーム成形し、ほぼ均一な光強度分布を得て利用していた。上記手法に用いる光学系は複雑かつ大規模になるため小型装置の実現が困難であるという課題があった。そこで我々は、本発明において小型の強度均一化レーザ光を達成する光学素子を提案し、その実用性を検証した。

【0008】

まず、本発明の光学素子において、入射光を断面強度分布が均一化された出射光に変換することが可能である点について説明する。図1には、複数の導波管と、導波管を直列に光学的に結合する光路変換手段とを備えた光学素子の一例を示す。図1において、1a、1b、1cはガラス材料からなる導波管、2aおよび2bは光路変換手段である直角プリズムである。なお、導波管1a、1b、1cへの光閉じこめを効率よく行うために、光の伝搬方向端面以外の外周面には例えばA1材料からなる金属膜などの反射膜が形成されているものとする。また、本実施の形態に示す光学素子においては、導波管1aと1b、および導波管1bと1cが接着等により光の伝搬方向と平行な各導波管側面で接着され、積層構造をなしている。また、導波管1a、1b、1cを直列に光学的に結合するように直角プリズム2aおよび2bが配置されている。以下、本構成における光学素子の機能について説明する。導波管1aの一方の端面（直角プリズム2aに接続されていない側の端面）から入射された光は導波管1aおよび光路変換手段である直角プリズム2aを伝搬し導波管1bに入射される。同様にして導波管1bを伝搬した光は直角プリズム2bにより導波管1cに光学的に結合され、最終的には導波管1cの端面（直角プリズム2bと接続されていない側の端面）から出射される。ここで、例えば入射光にレーザ光を用いた場合を考える。一般にレーザ光はガウシアン分布の断面光強度分布を持つが、上記構成により導波管内を多重反射しながら伝搬していくと入射されたレーザ光強度が混合されることにより導波管1a、1b、1cの任意の断面（光の伝搬方向と垂直な面）で見た光強度分布は光入射端面から伝搬方向に遠ざかるに従い徐々に面内で均一化される。従って導波管1a、1b、1cの光伝搬方向長さを適当な値に設定することにより導波管1cの光出射端面に達するまでに均一な断面光強度を得ることができる。ここで、例えばごく一般的な半導体レーザ（AlGaAs系やAlGaInP系、GaN系など）では、出射光のアスペクト比および広がり角が異なる。従って、例えば断面アスペクト比がほぼ1となる導波管を用いた場合、広がり角の大きい方向に対して断面強度分布を均一化するために必要な導波距離が短く、広がり角の小さい方向に対してはその距離を長くとる必要がある。これまでに、同様の出力光断面強度分布均一化の方法として、例えば特許文献4に示されるようなロッ

ド状インテグレート導波管を用いたデバイスが提案されているが、完全な均一化を行うために光の伝搬方向に対してロッド長を数10mm以上にする必要があった。本発明によれば、例えば本実施の形態では3つの導波管1a、1b、1cのトータルの光路長を設定して各導波管サイズを短くし、素子全体の長さを大幅に短くすることが可能である。なお、本実施の形態で示した光学素子は、導波管積層個数と各導波管長さを任意に決定することが容易であり素子サイズを任意に変化させることができるという利点を有している。

【0009】

なお、積層する導波管個数が偶数個であった場合、光学素子への入射光進行方向と光学素子からの出射光進行方向が逆向きとなり、また積層する導波管個数を奇数個とすることにより、光学素子への入射光進行方向と光学素子からの出射光進行方向を同一にすることができるため、出射光強度分布均一化素子を用いた装置設計の自由度が広がるという利点もあった。

【0010】

なお、本実施の形態では、光路変換手段として直角プリズム2a、2bを用いた場合について説明したが、導波管の一部を加工することにより光路変換手段を形成する方法においても同様の出射光強度分布均一化素子が達成される。図2には本実施の形態の別の例として、導波管の形状加工により光路変換手段を形成した光学素子の一例を示す。図2において、3a、3b、3cは導波管、4a、4b、4c、4dは導波管3a、3b、3cの一部を斜めに形状加工した傾斜部分である。なお、導波管3a、3b、3cへの光閉じこめを効率よく行うために、光の伝搬方向端面以外の導波管外周面および傾斜部分4a、4b、4c、4dの各表面に例えばA1材料からなる金属膜などの高反射膜が形成されているものとする。また5a、5bはそれぞれ導波管3aと3b、および導波管3bと3cを光学的に直列に結合するために上記高反射膜コートがなされていない領域である。なお、図中の点線矢印は光学素子内の光の伝搬方向を表している。また、本実施の形態に示す光学素子においては、導波管3aと3b、および導波管3bと3cが接着等により光の伝搬方向と平行な各導波管側面で接着され、積層構造をなしている。以下、本構成における光学素子の機能について説明する。導波管3aの一方の端面（傾斜部分4aでない側の端面）から入射された光は導波管3aおよび光路変換手段である傾斜部分4aおよび領域5aを伝搬し傾斜部分4bを介して導波管3bに入射される。同様にして導波管3bを伝搬した光は傾斜部分4c、領域5b、傾斜部分4cにより導波管3cに伝搬し最終的には導波管3cの端面（傾斜部分4dでない側の端面）から出射される。上記構成により導波管内を多重反射しながら伝搬していくと入射されたレーザ光強度が混合されることにより導波管3a、3b、3cの任意の断面（光の伝搬方向と垂直な面）で見た光強度分布は光入射端面から伝搬方向に遠ざかるに連れて徐々に面内で均一化される。

【0011】

なお、本実施の形態の別の例として、本発明の光学素子構成する導波管を、例えば可視光領域で透明な材質からなる中空構造のセルにより形成し、上記セル内部に気体または液体のいずれかとブラウン粒子を封入することにより、レーザ光特有のスペックルノイズを容易に除去できる点について説明する。スペックルノイズとは、例えばレーザ光源を用いてスクリーンに画像投影を行うような場合に、レーザ光がスクリーンで散乱される際にスクリーン上の各部分からの散乱光同士が干渉することによって生じる微細なムラ状のノイズである。このスペックルノイズを除去する方法として、これまでにスクリーンを振動させる方法や、拡散板を透過させてレーザ光に時空間的にランダムな位相を与える方法が採られてきた。しかしながら、スクリーンを振動させる方法ではスクリーンが固定できないという課題があり、また拡散板等を用いる方法では画像投影に用いられる光量が低下するといった課題があった。本発明の光学素子は、本実施の形態で示したように導波管と光路変換手段とを用いて出射光の断面光強度均一化を達成するものである。本構成において、光学素子構成する導波管を中空構造のセルにより形成し、上記セル内部に気体または液体のいずれかと、ブラウン粒子を封入することで上記課題を解決することが可能となる。以下に上記の中空セル構造からなる光学素子とその効果について説明する。上述したように

、スペckルノイズは干渉性の高いレーザ光を用いたときに生じるものであり、スクリーン上での散乱光同士の干渉がその要因である。従って、光源からのレーザ光の位相を時間的、空間的にランダムに乱すことによりスペckルノイズを平均化し低減することが可能である。そこで、我々は本発明の光学素子において、導波管を中空のセル構造として、上記セル中に位相を乱す作用を与える方法を検討した。上述したように、一般に知られている方法として、例えばスクリーンを振動させる方法や、拡散板を透過させてレーザ光に時間的にランダムな位相を与え、空間的・時間的なスペckルパターン変化を生じさせることにより、観察されるスペckルノイズを低減できる。我々は、気体あるいは液体中にあるブラウン粒子に注目し、同様の位相攪乱作用があることを見いだした。ブラウン粒子は、ブラウン運動（溶媒となる気体または液体粒子が様々な方向から様々な速度で衝突することによる規則性のない乱雑な動き）をするような粒子を指し、運動の活発さはブラウン粒子の大きさ、温度および溶媒の粘度に依存する。温度が高くなれば、溶媒をなす分子の熱運動は活発になる。従って温度の上昇により溶媒分子は激しく移動し、それに伴いブラウン粒子も動きが活発になる。溶媒分子が勢いよく衝突するためブラウン粒子が突き動かされる量も大きくなる。従ってブラウン運動は温度が高いほど活発になるということがわかる。また、ブラウン粒子の大きさが大きくなると、質量も大きくなる。これにより溶媒分子がブラウン粒子を突き動かす量は小さくなる。また、ブラウン粒子の表面積が広がったことにより、一度に多くの粒溶媒分子が様々な方向から衝突し、それらの力が打ち消しあうため、ブラウン粒子が受ける力は小さくなる。この2つの理由によりブラウン粒子が大きいとブラウン運動が起きにくくなる。本実施の形態においては、ブラウン粒子として、コロイド粒子であるラテックス粒子（ポリスチレン標準粒子、粒径 $1\ \mu\text{m}$ 程度）を用いた。コロイドとは一般には $10^{-9}\text{ m} \sim 10^{-6}\text{ m}$ 程度の大きさの粒子が示す性質を指し、コロイド粒子の分散媒質が固体であるゲル、分散媒質が液体であるゾル、分散媒質が気体であるエアロゾルに分けられる。いずれのコロイドもブラウン運動を示すが、扱い易さのため分散媒質が液体からなるゾルを用いるのが好ましい。スペckルノイズ低減のためには、透過させる光を散乱させることのできる大きさを有するコロイド粒子が必要である。そこで、上述した $1\ \mu\text{m}$ 程度の粒径のものを用いた。また特に、可視光領域において本発明の光学素子を用いるには上記コロイド粒子は使用波長域で透明であることが好ましい。コロイド粒子の多くは可視光に対して不透明であるが、コロイド濃度を制御して希薄なコロイド溶液等を用いることにより光透過率とスペckルノイズ低減効果とを調整することが可能である。上記ラテックス粒子を充填剤（溶媒）である水に分散させたラテックス溶液をセル構造の導波管内に密封し、沈降平衡に達した状態でレーザ光を照射し、導波管からの出射光をスクリーンに投影したときに観察されるスペckルノイズを比較した。上述した出射光強度分布均一化作用に加えて、ブラウン運動を行うラテックス粒子により導波管内を伝搬するレーザ光の位相が時間的・空間的に乱されて平均化され、例えばガラス材料により形成した中空でない導波管を用いた場合に比べてスペckルノイズが大幅に低減された。なお、粒子径 $0.8\ \mu\text{m}$ 程度のラテックス粒子を用いると、粒子が軽くなるため粒子分布および粒子のブラウン運動は激しくなり、より効果的なスペckルノイズ低減が実現された。また逆に、粒径の大きなラテックス粒子（粒径 $3\ \mu\text{m}$ 程度）を用いた場合には光の散乱が大きくなるが、ブラウン運動が緩やかになるためトータルとしてスペckルノイズ低減効果が弱い。しかしながら、ラテックス溶液の温度を 60°C 以上の高温にするとブラウン運動が激しくなり、スペckルノイズ低減を効果的に行うことができることがわかっている。

【0012】

なお、これまで説明してきた光学素子の構成においては、導波管の光伝搬方向長さがデバイスの大きさを決定する主要因となるため、できるだけコンパクトな光学素子を実現する設計が必要となる。図3に単純なロッド状の導波管を伝搬する半導体レーザ光の伝搬光路を幾何光学的に示す。図3は出射光強度均一化のために最も長い導波管長が必要となる場合として、単一の半導体レーザと導波管を直接接触するように配置した場合の側断面図である。図3において、6は半導体レーザ、7は屈折率が n の透明材料からなる導波

管である。また、図中の θ_1 は導波管 7 内でのレーザ光の広がり角であり光強度分布の半値全角で表される。またレーザ光広がり方向の導波管 7 の幅を W 、レーザ光入射端面から導波管 7 の出射端面までの長さ (= 導波管の長さ) を L とする。図 3 において導波管 7 に入射されたレーザ光は導波管 7 側面に達した光強度分布の一部が反射され、導波管 7 の出射端面までの領域では導波管 7 の側壁で折り返して重ね合わされた光強度分布が観測される。この状態を図 4 に模式的に示す。図 4 (a) は導波管が存在しない場合の自由空間中を伝搬するレーザ光の強度分布を、図 4 (b) は導波管の側壁で光強度分布が反射により折り返されたときの光強度分布の重なり状態を、図 4 (c) は実際に重ね合わされたときの光強度分布を示す。わかりやすさのため、図 4 (a) から図 4 (c) においては光の伝搬方向の任意の断面 $D-D'$ 、 $E-E'$ 、および $F-F'$ での光強度分布の様子を示している。図 4 (a) から図 4 (c) において、8 は半導体レーザ、9 は屈折率が n の透明材料からなる導波管である。また、図中の θ_2 は半導体レーザ 8 の広がり角度を、 θ_3 は屈折率 n の導波管 9 内でのレーザ光の広がり角を示す。図 4 (a) に示すように、自由空間中を伝搬する半導体レーザ 8 からの出射光は伝搬とともに広がり角 θ_2 で広がっていく。このとき、例えば本実施の形態で示すような導波管がなかった場合には、光強度は空間的な広がりが増大するがその強度分布は変化せず、ガウシアン分布型の強度分布を維持し続ける。ところが、側壁で全反射させるような導波管 9 が存在する場合には、屈折率が n の導波管 9 内に入射されるレーザ光の広がり角 θ_3 は $2 \times \sin^{-1} ((\sin(\theta_2/2))/n)$ となる。ここで導波管 9 の幅を W とすると、入射した光ビームが $W / (2 \times \tan(\sin^{-1}(\sin(\theta_2/2)/n)))$ となる距離に達したときその光強度分布の一部が導波管 9 側壁により反射され始める。その後、反射される光強度分布は徐々に増大し、出射端面までの領域では導波管 9 の側壁がなかった場合の光強度分布を導波管 9 の幅 W に相当する部分で折り返して重ね合わせた光強度分布が観測される。このとき、反射により折り返された光強度分布と反射されていない光強度分布とが重ね合わせられた実際の断面光強度 (図 4 (c) に示される) が、十分均一になるには例えば導波管 9 の長さを十分長く取り、全反射回数を多くする程良い。しかしながら、デバイス作製および使用の観点からすると、できるだけコンパクトなレーザ光源であることが望ましい。我々の検討においては、図 3 に示すように出射レーザ光の広がり角を θ_1 、レーザ光伝搬方向と垂直な方向の導波管 7 の幅を W 、レーザ光入射端面から導波管 7 の出射端面までの長さを L としたとき、少なくとも

$$L \geq W / \tan(\sin^{-1}(\sin(\theta_1/2)/n)) \quad (\text{式 1})$$

の条件を満たしておれば、光強度分布が均一化されるということが判っている。これは本実施の形態で図 1 あるいは図 2 に示した構造においても同様であり、光路変換手段を含む光学素子内の全光路長を L として考えると同様の関係が成り立つ。

【0013】

(実施の形態 2)

実施の形態 1 において述べたように、複数の導波管と光路変換手段を用いた非常にコンパクトな光学素子により、入射レーザ光の断面光強度分布を均一化し出射することが可能であることを示した。本実施の形態では、実施の形態 1 で示した光学素子と、半導体レーザとを組み合わせ一体化したレーザ光源について説明する。現在、広く市販されているレーザ光源の中で、最も小型の汎用レーザ光源は半導体レーザであり様々な装置や民生用製品に用いられている。上述したように、半導体レーザの小型高出力化が進んでおり、出力波長は限定されるものの、例えばマルチモード半導体レーザで数 W クラスの出力を達成しているものもある。こうした小型高出力レーザを用いて出力光強度均一化光源を達成するためには、実施の形態 1 で述べた光学素子と、半導体レーザとを一体化した光源モジュールが有効である。図 5 には、半導体レーザと出射光強度均一化のための光学素子とを一体化したレーザ光源の一例を示す。図 5 (a) および図 5 (b) において 10 は半導体レーザ、11a、11b、11c はガラス材料からなる導波管、12a、12b は光路変換手段である直角プリズムである。なお、図 5 (b) は図 5 (a) を側面から見た図である。なお、導波管 11a、11b、11c への光閉じこめを効率よく行うために、光の伝搬

方向端面以外の外周面には例えばA1材料からなる金属膜などの反射膜が形成されているものとする。また、本実施の形態に示す光学素子においては、導波管11aと11b、および導波管11bと11cが接着等により光の伝搬方向と平行な各導波管側面で接着され、積層構造をなしている。また、導波管11a、11b、11cを直列に光学的に結合するように直角プリズム12aおよび12bが配置されている。以下、本構成における光学素子の機能について説明する。半導体レーザ10から出射したレーザ光は、導波管11aの一方の端面（直角プリズム12aに接続されていない側の端面）から入射され、導波管11aおよび光路変換手段である直角プリズム12aを伝搬し導波管11bに伝搬する。同様にして導波管11bを伝搬した光は直角プリズム12bにより導波管11cに結合され最終的には導波管11cの端面（直角プリズム12bと接続されていない側の端面）から出射される。このとき、導波管内を多重反射しながら伝搬してい間に入射されたレーザ光強度が混合されることにより導波管11a、11b、11cの任意の断面（光の伝搬方向と垂直な面）で見た光強度分布は光入射端面から伝搬方向に遠ざかるに連れて徐々に面内で均一化される。従って導波管11a、11b、11cの光伝搬方向長さを適当な値に設定することにより導波管11cの光出射端面に達するまでに均一な断面光強度を得ることができる。このようにして光学素子と半導体レーザとが一体化された、出射光の断面光強度が均一化されたレーザ光源が達成できる。

【0014】

なお、本実施の形態の別の例として、上記構成に加えて両凸レンズもしくは平凸レンズを備え、半導体レーザと光学素子との光路内に配置することにより、光学素子からの出射光ビーム広がり角を小さくすることができる点について説明する。例えばごく一般的な半導体レーザ（AlGaAs系やAlGaInP系、GaN系など）では、その構造から楕円状のビームが出射され、出射光の広がり角がビームの垂直方向と水平方向とで異なる。代表的な半導体レーザの広がり角は狭い方（半導体レーザ出射端でのビーム形状の長軸方向）で $8 \sim 15^\circ$ 、広い方（半導体レーザ出射端でのビーム形状の短軸方向）では $20 \sim 30^\circ$ になる。従って、例えば本実施の形態で示す導波管と光路変換手段を用いた光学素子の出射光広がり角も同様の大きさを持ち、出射光を利用することを考えると非常に扱いにくい光ビームであると言える。上記課題を解決するため、我々は図6に示すように、両凸レンズもしくは平凸レンズを半導体レーザと光学素子との光路内に配置し、光学素子への入射光角度が半導体レーザの広がり角よりも小さくなるようにすることで、光学素子出射光の広がり角を抑えることを検討した。図6には、上記の出射光広がり角抑制検討を行ったレーザ光源モジュールの側面図を示す。図6において、13は半導体レーザ、14は導波管と光路変換手段である直角プリズムとからなる光学素子、15は平凸レンズである。また、図中のX、YおよびZは便宜上の方向を表す。また、 θ_4 は半導体レーザ出射光のX方向広がり角、 θ_5 は平凸レンズを透過した後のレーザ光のX方向広がり角である。以下、本構成における機能について述べる。半導体レーザ13からの出射光は平凸レンズ15を透過することにより、X、およびY方向に縮小される。このとき、平凸レンズ15の屈折率および曲率を選択することにより任意のビーム広がり角に変換することが可能である。従って、例えば $\theta_4 = 30^\circ$ であった場合に、光学素子14に入射するレーザ光の広がり角 θ_5 を 10° 以下にすることも可能である。これにより光学素子14内部で多重全反射を繰り返して出てくる出射光のビームのX方向広がり角を θ_5 と同程度に縮小することができる。なお、平凸レンズ15はX方向、Y方向ともに同じ曲率であるため、光学素子14に入射されるレーザ光広がり角はX方向、Y方向それぞれに対して同じ比率で縮小される。また、光学素子14に対するレーザ光の入射広がり角である θ_2 の大きさと、光学素子14の内部光路長とは、実施の形態1中の（式1）に示されるようにトレードオフの関係にあり、 θ_5 が小さくなるほど光学素子14の出射端面光強度分布を均一化するのに必要な長さが大きくなる。従って、本構成のレーザ光源の用途に応じて θ_5 を選択できる。なお、上記効果は、平凸レンズ15の代わりに両凸レンズを用いた場合でも同様である。

【0015】

なお、本実施の形態の別の例として、シリンドリカルレンズを備え、半導体レーザと光学素子との光路内に配置することにより、光学素子を構成する導波管および光路変換手段の光路長を短くすることができ、また光学素子からの出射光において任意のアスペクトを選択することができる点について説明する。上述したように、一般的な半導体レーザでは、出射光のアスペクト比および広がり角が異なる。従って、広がり角の大きい方向に対して断面強度分布を均一化するために必要な導波距離が短く、広がり角の小さい方向に対してはその距離を長くとる必要がある。ここで例えば、凹面を有するシリンドリカルレンズを半導体レーザと光学素子との光路内に配置することにより、光路変換手段を含む導波管のトータル光路長を非常に短くして出射光の断面光強度分布を均一化することができる。図7には、上記の光路長短縮および出射光アスペクト制御検討を行ったレーザ光源モジュールの側面図を示す。図7(b)は図7(b)の側面図である。図7(a)および図7(b)において16は半導体レーザ、17は導波管と光路変換手段である直角プリズムとからなる光学素子、18は凹面を有するシリンドリカルレンズである。また、図中のX、YおよびZは便宜上の方向を表す。シリンドリカルレンズ18はX方向に対して凹となる面を有している。以下、本構成における機能について説明する。半導体レーザ16から出射されたレーザ光はシリンドリカルレンズ18によりX方向のみ拡大される。従って、半導体レーザ16からの出射光が本来有している楕円形状の短軸側のみを拡大し、任意のビームアスペクト比(X方向とY方向のビーム広がり比)を形成することができる。また、凹面を有するシリンドリカルレンズ18によってビーム拡大をはかるため、光学素子への入射光広がり角が大きくなるため、出射光断面強度分布均一化に必要な光学素子17の光路長を短くすることができる。本効果を用いることにより、例えば導波管断面形状を任意のアスペクトを有する矩形に設計した場合に、シリンドリカルレンズの曲率を選択して効率よく短い光路長で出射光断面強度分布を均一化し、かつ任意の出射光アスペクトを有するレーザ光源が達成できる。

【0016】

なお、上記の半導体レーザと光学素子の間にレンズを配置する構成の代わりに、光学素子の光入射端面が曲率を持つように加工しても同様の効果が得られ、凸面、凹面、あるいは導波管入射端面の垂直方向と水平方向とで異なる曲率を有する形状に加工することにより上述の効果を選択することが容易に可能である。

【0017】

(実施の形態3)

実施の形態2において、均一な出射光断面強度分布を有するレーザ光源の実現とその効果について述べた。本実施の形態では、上記レーザ光源を用いた照明光学系および、上記照明光学系を有する2次元画像形成装置について述べる。

【0018】

図8には、出射光断面強度分布を有するレーザ光源と空間光変調デバイスを用いた照明光学系の一例を示す。図8において19は半導体レーザ、20は導波管と光路変換手段である直角プリズムとからなる光学素子、21はレンズ、22は空間光変調デバイスである液晶パネル、23は光学素子20から出射されたレーザ光、24は液晶パネル22を透過した後のレーザ光である。実施の形態1および実施の形態2で述べたように、半導体レーザ19と光学素子20により断面光強度分布が一様なレーザ光源が形成されており、半導体レーザ19から光学素子20に入射されたレーザ光は光学素子20を伝搬する間に断面光強度分布が均一化され、レーザ光23となる。さらに光学素子20の出射端面の像は、レンズ21により液晶パネル22上に拡大投影される。このとき、例えば光学素子20の断面形状を液晶パネル22の形状と相似形にすることにより、レーザ光23の光量をほとんど損失することなく有効に液晶パネル22に照射することが可能となる。液晶パネル22に照射されたレーザ光23は、例えば液晶パネルに2次元画像信号を与えることにより、入力された2次元画像信号に応じて変調されたレーザ光24に変調される。このような照明光学系を用いることにより、例えば背面投射型ディスプレイや、ヘッドマウントディスプレイのように、大小各種ディスプレイを実現することができる。

【0019】

なお、上記照明光学系からの出射光を、適当な投影光学系を用いて例えばスクリーンに拡大投影することも可能である。図9には、上記照明光学系の構成に加えて、投影レンズを用いた拡大投影2次元画像形成装置の一例を示す。図9において、25は断面光強度が均一化されたレーザ光源と空間光変調デバイスを含む照明光学系、26は投影レンズ、27は照明光学系25を透過したレーザ光である。上述したように、照明光学系25において空間光変調デバイスに均一光強度分布で照明されたレーザ光は、空間光変調デバイスに与えられた2次元画像信号に応じて変調されたレーザ光27となり、投影レンズ26によりスクリーン上に拡大投影される。本発明のレーザ光源を用いることにより、小型で高出力の断面光強度均一化レーザ光源が容易に達成されるため、小型で100インチサイズクラスの投影が可能なレーザプロジェクタの実現できる。

【0020】

なお、本実施の形態においては、単一の導波管からなる照明光学系について述べたが、例えば半導体レーザの波長を、赤、青、緑の各色に対応する波長に選び、それぞれに同様の構造からなるレーザ光源を用意することにより、フルカラーの2次元画像形成装置を実現することができる。また、紫外光波長域の半導体レーザを用いることにより、高出力かつ均一照明が必要な半導体露光装置等への応用も可能である。

【産業上の利用可能性】

【0021】

本発明は、均一な強度分布を有するレーザ光を得るための光学素子、または半導体レーザと上記光学素子を一体化した断面光強度均一化レーザ光源であり、高出力照明やレーザアシスト加工などに適用可能である。また、テレビ受像機、映像プロジェクタなどの画像表示装置や、半導体露光装置などの画像形成装置にも適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本発明実施の形態1における、複数の導波管と、導波管を直列に光学的に結合する光路変換手段とを備えた光学素子の一例を示す図

【図2】本発明実施の形態1における、導波管の形状加工により光路変換手段を形成した光学素子の一例を示す図

【図3】本発明実施の形態1における、単一の半導体レーザと導波管を用いた場合の、導波管内のレーザ光伝搬光路を幾何光学的に示した図

【図4】(a)は、本発明実施の形態1における、単一の半導体レーザが自由空間にある場合(導波管が存在しない場合)の、自由空間中を伝搬するレーザ光の強度分布の様子を示す図(b)は、本発明実施の形態1における、単一の半導体レーザと導波管を用いた場合の、導波管側壁による光強度分布の反射と、折り返して重ねられた光強度分布の様子を示す図(c)は、本発明実施の形態1における、単一の半導体レーザと導波管を用いた場合の、導波管側壁による光強度分布の反射により実際に重ね合わされたときの光強度分布を示す図

【図5】本発明実施の形態2における、半導体レーザと出射光強度均一化のための光学素子とを一体化したレーザ光源の一例を示す図

【図6】本発明実施の形態2における、出射光広がり角を抑制するレーザ光源モジュールの一例を示す側面図

【図7】本発明実施の形態2における、光路長短縮および出射光アスペクトを制御するレーザ光源モジュールの側面図

【図8】本発明実施の形態3における、断面光強度分布が均一化されたレーザ光源と、空間光変調器とを有する照明光学系の一例を示す図

【図9】本発明実施の形態3における、断面光強度分布が均一化されたレーザ光源と、空間光変調器とを有する照明光学系に加え、投影光学系を備えた2次元画像形成装置の一例を示す図

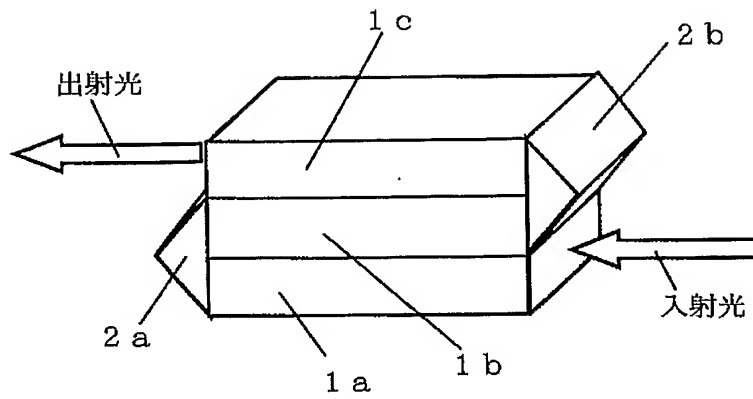
【符号の説明】

【0 0 2 3】

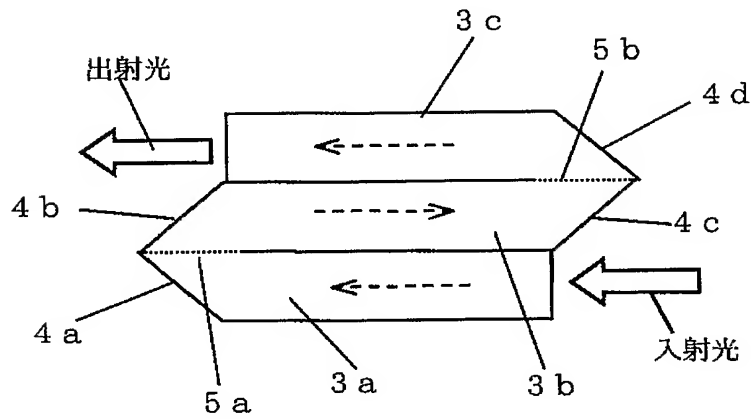
1 a, 1 b, 1 c, 3 a, 3 b, 3 c, 7, 9, 1 1 a, 1 1 b, 1 1 c 導波管
2 a, 2 b, 1 2 a, 1 2 b 光路変換手段
4 a, 4 b, 4 c, 4 d 傾斜部分
5 a, 5 b 領域
6, 8, 1 0, 1 3, 1 6, 1 9 半導体レーザ
1 4, 1 7, 2 0 光学素子
1 5 平凸レンズ
1 8 シリンドリカルレンズ
2 1 レンズ
2 2 液晶パネル
2 3, 2 4, 2 7 レーザ光
2 5 照明光学系
2 6 投影レンズ

【書類名】 図面

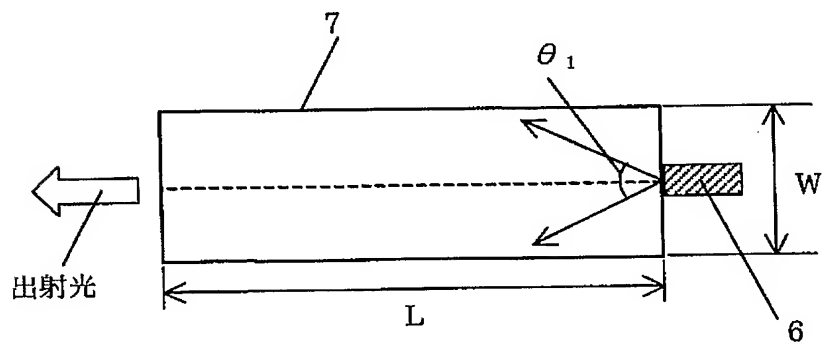
【図 1】



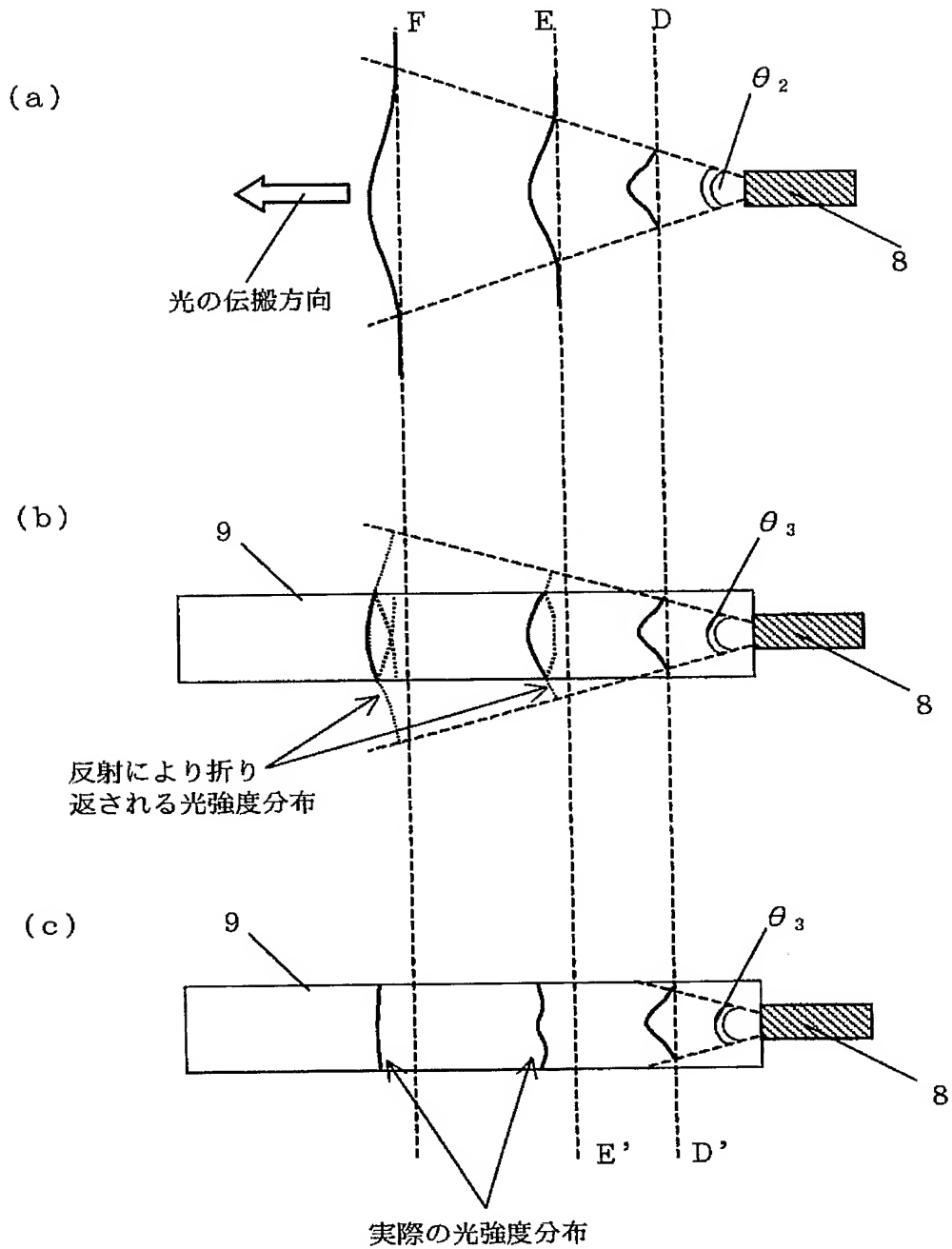
【図 2】



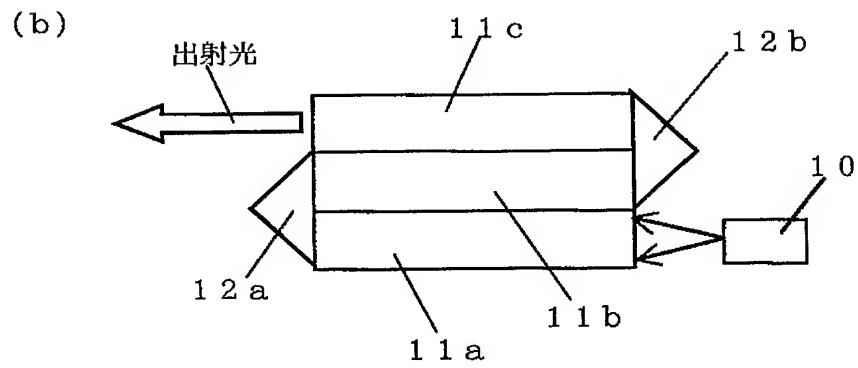
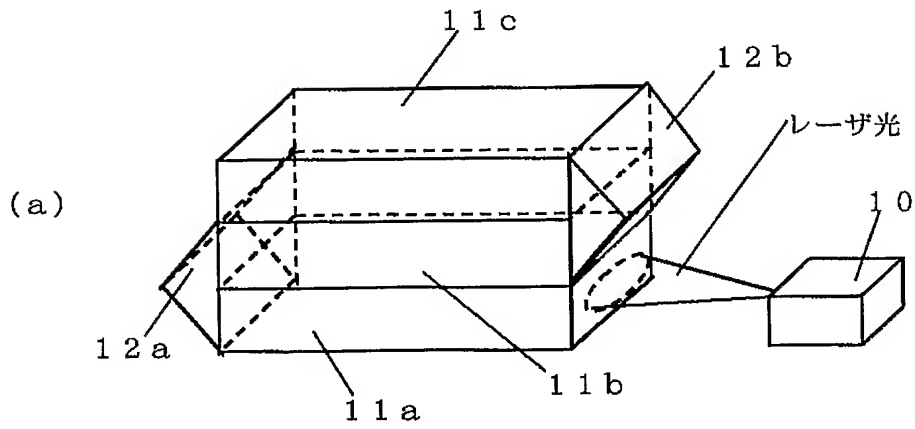
【図 3】



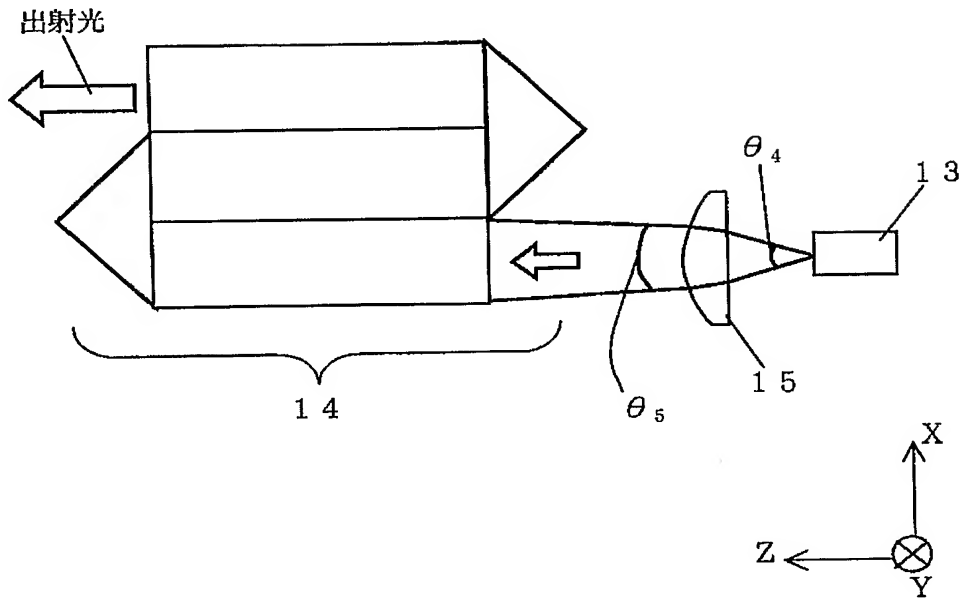
【図 4】



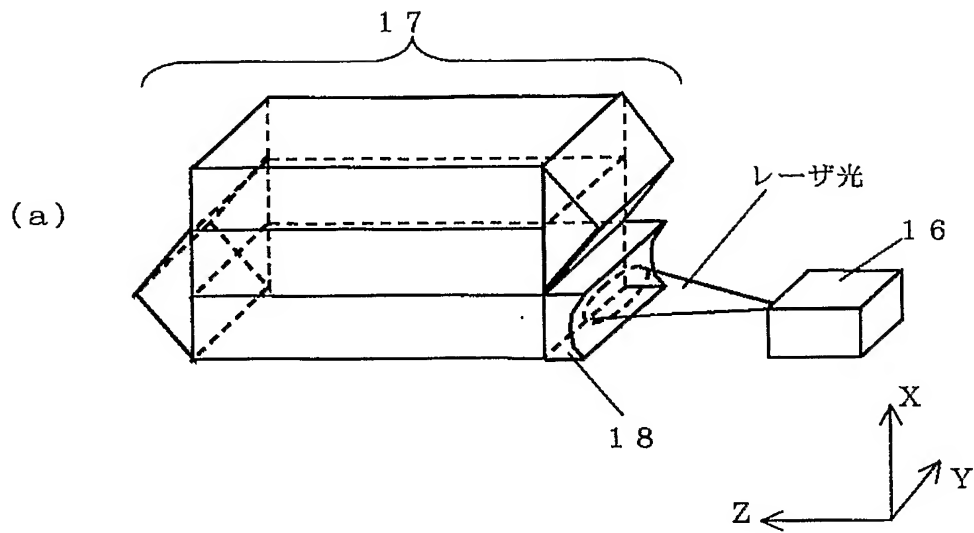
【図 5】



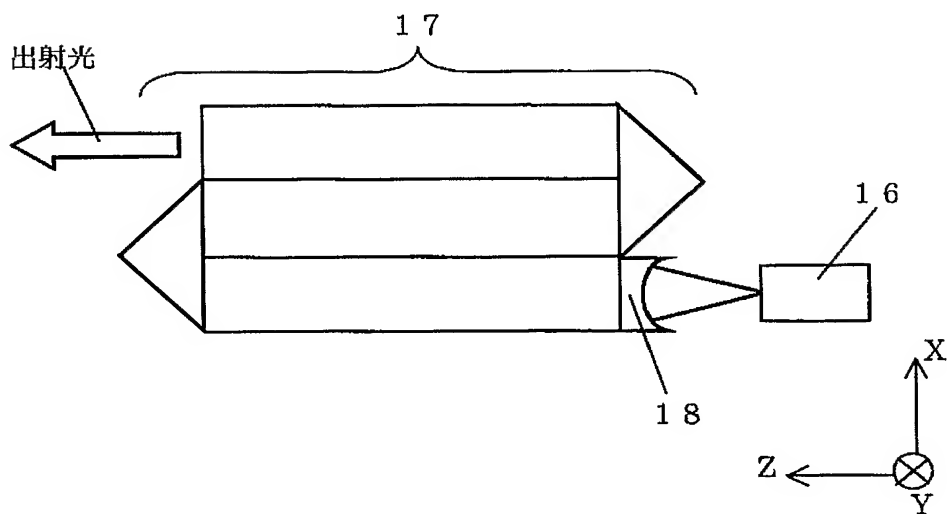
【図 6】



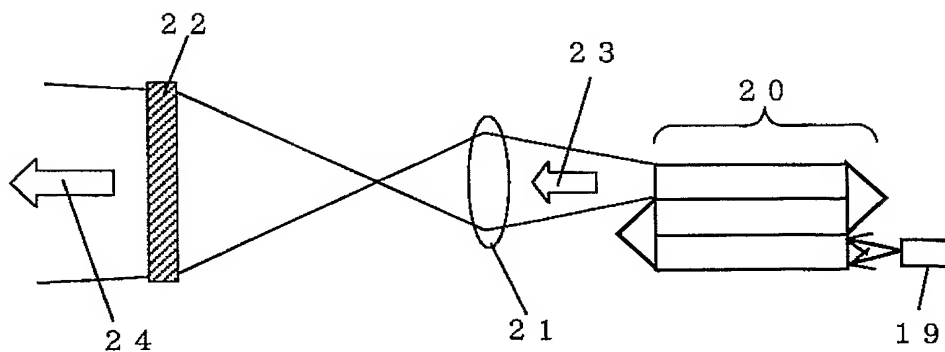
【図 7】



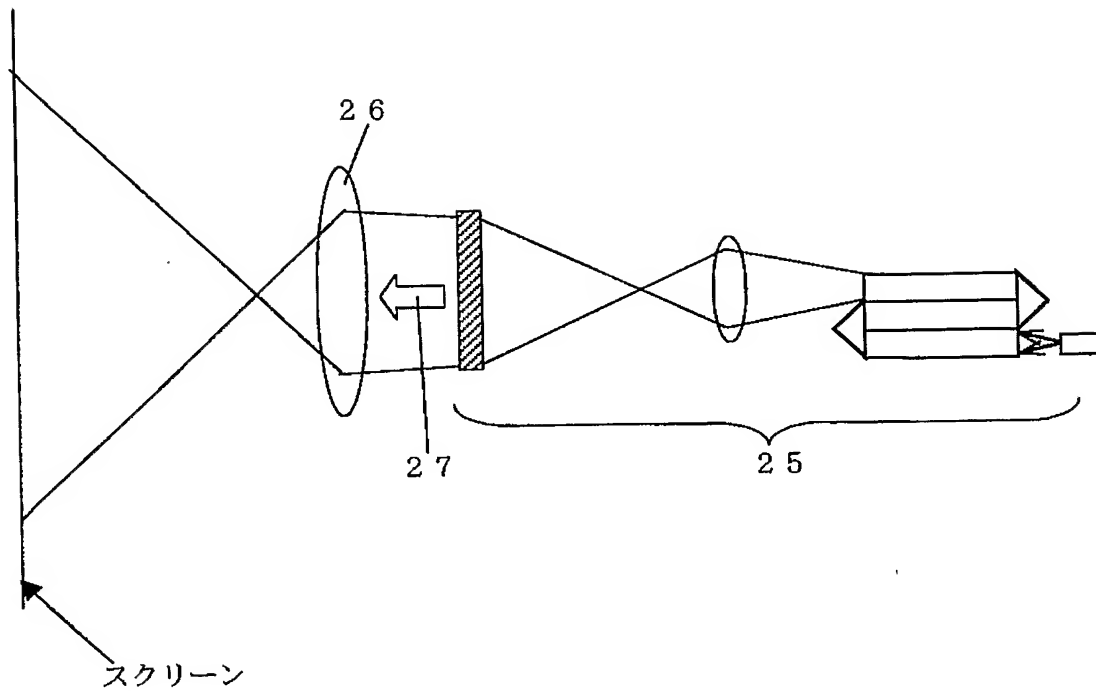
(b)



【図 8】



【図 9】



【書類名】要約書**【要約】**

【課題】 コンパクトな光学素子により、入射光を、均一な断面光強度分布を有する出射光に変換することを目的とする。

【解決手段】 複数の導波管と、導波管を直列に光学的に結合する光路変換手段とを備え、導波管の任意の一端面に入射された光が導波管および光路変換手段を伝搬し、入射面と異なる出射面から出力されることを特徴とする光学素子である。また、上記光学素子と、半導体レーザとを備え、半導体レーザからの出射光を光学素子の一端面から入射させ、光学素子の別の端面から出射させることを特徴とするレーザ光源である。また、少なくとも上記のレーザ光源と、空間光変調手段とを備え、レーザ光源からの光を空間光変調手段に照明する照明光学系を有することを特徴とする 2 次元画像形成装置である。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 4 1 1 4 4 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 8 日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地
氏 名	松下電器産業株式会社